INTEMPERISMO EM ROCHAS ORNAMENTAIS NA FORTALEZA DE SANTA CRUZ E FORTES DO PICO E SÃO LUIZ – NITERÓI (RJ)

André Luiz Carvalho da SILVA[1]
Maria Augusta Martins da SILVA[2]
José Antônio BAPTISTA NETO[3]
Bernard SMITH[4]
Patricia WARKE[5]

RESUMO

A fortaleza de Santa Cruz e os fortes do Pico e São Luiz são prédios históricos localizados na entrada da Baía de Guanabara em Niterói (RJ). Estas construções, formadas por blocos de rocha de composição granítica, começaram a ser erguidas no século XVI (exceto o forte do Pico) e são excelentes exemplos da época da chegada dos europeus ao nosso continente. Rochas usadas em construções em ambiente costeiro e urbano são expostas ao sal marinho bem como a uma variedade de poluentes, tais como CO_2, S e N, os quais causam danos consideráveis a tais edificações. Na Fortaleza de Santa Cruz, construída junto ao nível do mar, diferentes taxas de intemperismo foram identificadas nos três pavimentos desse prédio gerando feições do tipo crostas negras, crosta de sal, "flowstones", estalactites, e crostas orgânicas (liquens). Os processos intempéricos são mais intensos no pavimento inferior, em função da menor circulação de ar, conteúdos mais altos de umidade e de sal no ar, causando desagregação granular, esburacamento e recuo dos blocos. Cimento rico em cálcio usado como medida reparadora, acelera tais processos uma vez que o cálcio reage com os poluentes e reprecipita como "flowstones" e crostas, as quais cobrem as paredes e tetos da fortaleza. A ocorrência, principalmente, de crostas negras e "flowstones" no forte do Pico e, crostas negras no São Luiz, atestam os efeitos da poluição atmosférica em altitudes superiores a 200 metros. A atuação do sal marinho se limita a poucos metros do nível do mar, constatado pela ausência de eflorescências salinas nos blocos de rocha dos fortes do Pico e São Luiz.

INTRODUÇÃO

A utilização de rochas ornamentais na construção de monumentos e prédios históricos é algo marcante e constante nas cidades do Rio de Janeiro e Niterói devido, entre outros fatores, a abundância e disponibilidade local destas rochas, principalmente, o granito e o gnaisse. Tal fato justifica e torna necessária a realização de estudos abordando os processos de intemperismo e as variáveis que integram tais processos que conduzem a degradação de tais rochas.

A fortaleza de Santa Cruz (figuras 1 e 2 A - B) teve sua construção iniciada em 1555 e concluída em 1765. Sua construção foi realizada sobre afloramento de gnaisse facoidal e erguida com blocos de rocha de mesma composição e natureza. Este tipo de rocha é de origem metamórfica e possui composição granítica tendo, aproximadamente 550 milhões de anos. O estilo arquitetônico da Fortaleza de Santa Cruz apresenta uma estrutura principal

[1] Departamento de Geologia da UFF, Mestrando, andrelcsilva@igeo.uff.br.
[2] Departamento de Geologia da UFF, Orientadora e Professora Drª Adjunta, augusta@igeo.uff.br.
[3] Departamento de Geografia da FFP-UERJ, Professor Dr. Adjunto, jneto@igeo.uff.br.
[4] School of Geography, Queen's University of Belfast, United Kingdown.
[5] School of Geography, Queen's University of Belfast, United Kingdown.

subdividida em três pavimentos: superior, intermediário e inferior. Estes pavimentos possuem diferenças significativas do ponto de vista arquitetural, o que leva a níveis diferenciados de exposição à radiação solar, de circulação de ar, de umidade, de lavagem pela água da chuva, e do alcance das ondas de ressaca, assim como, do "spray" contendo sal marinho. O que torna necessária a realização de estudos abordando os processos de intemperismo e as variáveis que integram tais processos que conduzem a mecanismos diferenciados de degradação de tais rochas.

Figura 1 – Localização da área de estudo. Imagem do satélite Landsat, escala 1: 50.000. Fonte: www. cdbrasil.cnpm. embrapa.br

O forte São Luiz, situado no alto do Morro do Macaco a cerca de 220 metros de altitude (figuras 2 A e B) era, em 1567, apenas um posto de observação e vigilância da Fortaleza de Santa Cruz. Em 1775, concluiu-se efetivamente a construção desta fortificação. Desde então, este forte passou a integrar o conjunto de fortificações cujo objetivo, era auxiliar na proteção do território, sobretudo, no tocante ao acesso à Baía de Guanabara.

Uma nova fortificação teve sua construção entre 1913 e 1914: o forte do Pico. Este novo forte foi construído próximo ao forte São Luiz, localizado numa parte mais elevada no cume do mesmo morro. Diferentemente do São Luiz, que tinha a sua importância limitada apenas à observação e vigilância, o forte do Pico era capaz de responder com hostilidade frente às ameaças, graças aos seus modernos e imponentes canhões. Atualmente, ambos os fortes são utilizados para fins turísticos (figuras 2 A e B).

MÉTODOS e TÉCNICAS

Na fortaleza de Santa Cruz, em áreas selecionadas em função do estado de conservação, foram conduzidos mapeamentos detalhados no intuito de classificar e quantificar o estado de degradação resultante dos processos de intemperismo. O método utilizado para o registro do tipo, extensão e distribuição dos danos baseou-se no esquema de classificação proposto por FITZNER et al. A tabela 1 apresenta a simbologia utilizada neste trabalho com base em FITZNER et al. (1995). O mapeamento consistiu em diversas etapas: (1) seleção

de uma área que representasse a porção mais degradada do edifício estudado, (2) fotografias, (3) reprodução em papel vegetal da área mapeada (a partir da fotografia), (4) identificação e registro do tipo e extensão dos processos intempéricos, (5) digitalização das fotos e mapas. Finalmente, confecção dos mapas com a identificação dos diferentes produtos do intemperismo. As análises petrográficas foram realizadas no MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura) do Laboratório da Queen's University de Belfast na Irlanda do Norte pelos pesquisadores colaboradores.

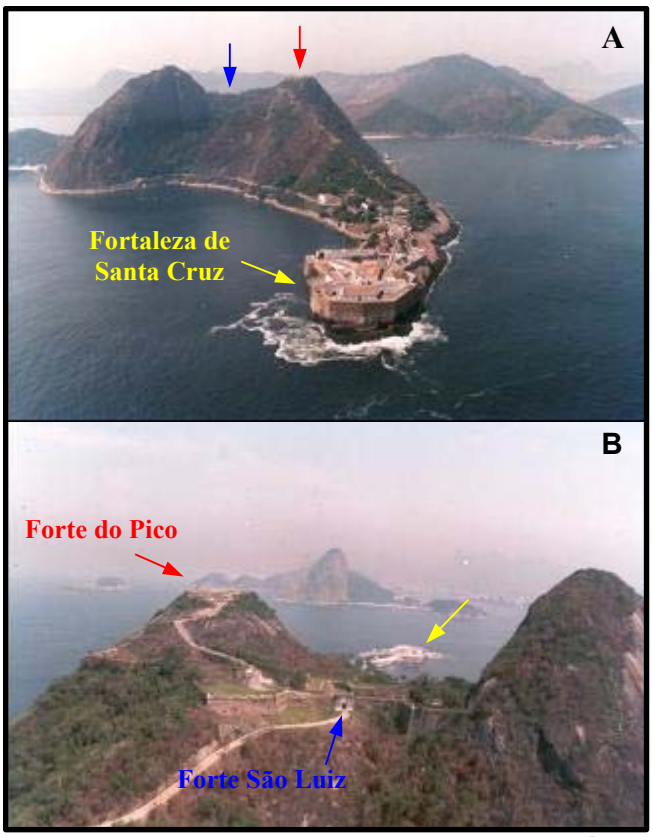

Figura 2 A e B - (2 A) Fortaleza de Santa Cruz (seta amarela) junto ao nível do mar e Fortes do Pico (seta vermelha) e São Luiz (seta azul) no alto do morro. (2 B) Fortes São Luiz e do Pico no alto do morro e ao fundo e próxima do nível do mar a Fortaleza de Santa Cruz. Foto do acervo da Fortaleza de Santa Cruz.

Tabela 1. Legenda de Formas de Intemperismo (baseado em Fitzner et al., 1995).

	Crosta Negra
	Crosta Negra (mais intensa)
	"Flowstone"
	Estalactite / Estalagmite
	Eflorescência de Sais (Crosta de Sal)
	Argamassa e / ou tijolo de cimento

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS

Muitas edificações e monumentos históricos construídos com blocos de rochas de várias partes do mundo vêm despertando a atenção dos cientistas por estarem apresentando taxas elevadas de degradação, em decorrência do intemperismo. Diversos autores (SMITH & MAGEE, 1990; FITZNER et. al., 1995; SMITH & WARKE, 1996; BAPTISTA NETO, 1997; CASTANHEIRA, 2002) atribuem ao "ambiente de intemperismo urbano" condições mais severas do que em afloramentos em áreas distantes dos grandes centros urbanos e,

conseqüentemente, taxas de intemperismo mais elevadas. Por “ambiente de intemperismo urbano” entende-se o ambiente resultante da combinação de variáveis meteorológicas, sobretudo no que diz respeito ao regime de temperatura e umidade, e constituintes atmosféricos naturais como por exemplo, os sais marinhos nas regiões próximas ao mar acrescidos dos constituintes atmosféricos artificiais resultantes de contribuições antropogênicas, tais como os poluentes atmosféricos (SMITH, 1996).

Prédios e monumentos históricos construídos com mármore são comuns na Europa. No Brasil, constata-se o predomínio no emprego do granito e do gnaisse, rochas consideradas por NEILL & SMITH (1996) como sendo resistentes aos processos intempéricos. Entretanto, o material utilizado para a junção dos blocos de rocha que integram as paredes e tetos das construções, normalmente, é constituído basicamente de cimento (que é formado por carbonato de cálcio). A interação do cimento com poluentes atmosféricos pode resultar na dissolução do carbonato de cálcio, que, quando em solução pode escorrer por sobre os blocos de rocha e/ou paredes vindo a reprecipitar para formar feições denominadas “flowstones”, estalactites e estalagmites, desde que a morfologia do prédio ou monumento ofereça possibilidades de gotejamento do carbonato de cálcio (figura 3A).

De acordo com a FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente) a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, juntamente com os vinte municípios que a integram, é considerada uma área crítica em termos de poluição do ar. Nela, se encontra a segunda maior frota de veículos e de indústrias do país. A presença excessiva de poluentes atmosféricos pode contribuir para a acidificação das condições ambientais e, conseqüentemente, acentuando a decomposição química das rochas. Os principais poluentes encontrados na região de estudo são o dióxido de enxofre, cloretos e óxido nítrico. A decomposição de material carbonático por ácidos inorgânicos pode criar sais de sulfato e nitrato que, posteriormente, cristalizam nas fendas das rochas (Mc ALISTER, 1996).

SMITH & MAGEE (1990) constataram que os produtos relativos aos altos níveis de poluentes, emitidos principalmente por veículos automotores, são facilmente observados nas fachadas das construções do centro da cidade do Rio de Janeiro. A poluição tende a concentrar-se nas partes mais baixas das construções ao longo das ruas que se integram formando “corredores”, acarretando com isso, a longo prazo, a formação de uma mancha negra ou crosta negra responsável pelo escurecimento das rochas e alterando a aparência dos prédios junto ao nível da rua. Segundo WARKE et. al. (1996), crostas negras são formadas a partir de precipitações inorgânicas, onde a gipsita - $CaSO4 . 2H2O$ é comum (figura 3 B), além de poeira, pólen e cinza ou resíduo resultante da queima de combustíveis fósseis, denominado “flyash” (figura 3 C). A crosta negra é um indicador da presença de elementos derivados da queima de combustíveis fósseis. Para URQUHART et. al (1996), a formação de crosta negra é um fenômeno complexo, que ocorre na superfície e / ou subsuperfície da rocha formando crostas de até 6 milímetros de espessura. Forma-se com maior freqüência nas áreas mais protegidas da lavagem pela água da chuva, como por exemplo, abaixo de telhados, beirais, etc. A localização e intensidade da degradação associada a formação de crosta negra é influenciada também pelas variações físicas e químicas da rocha e pelo micro – clima. De acordo com HALSEY et. al. (1996), a presença de crosta negra pode acarretar aumento na taxa de intemperismo através de mecanismos físicos e químicos: físicos - diminuindo o albedo da rocha, aumentando a absorção da radiação solar incidente e, conseqüentemente, alterando a intensidade dos ciclos de calor / resfriamento, expansão térmica e os ciclos de umidade e ressecamento; químicos – alterando e aumentando os ciclos de dissolução / cristalização e de hidratação / desidratação da gipsita e da halita, por exemplo. Segundo SMITH (2003), crostas negras são repositórios de sais que, através de medidas conservadoras de limpeza, como lavagens, por exemplo, poderiam ser mobilizados parcialmente para o interior das rochas o que seria, ainda mais prejudicial. Do mesmo modo, a remoção da crosta durante limpeza, em determinados casos, pode causar a abrasão das rochas.

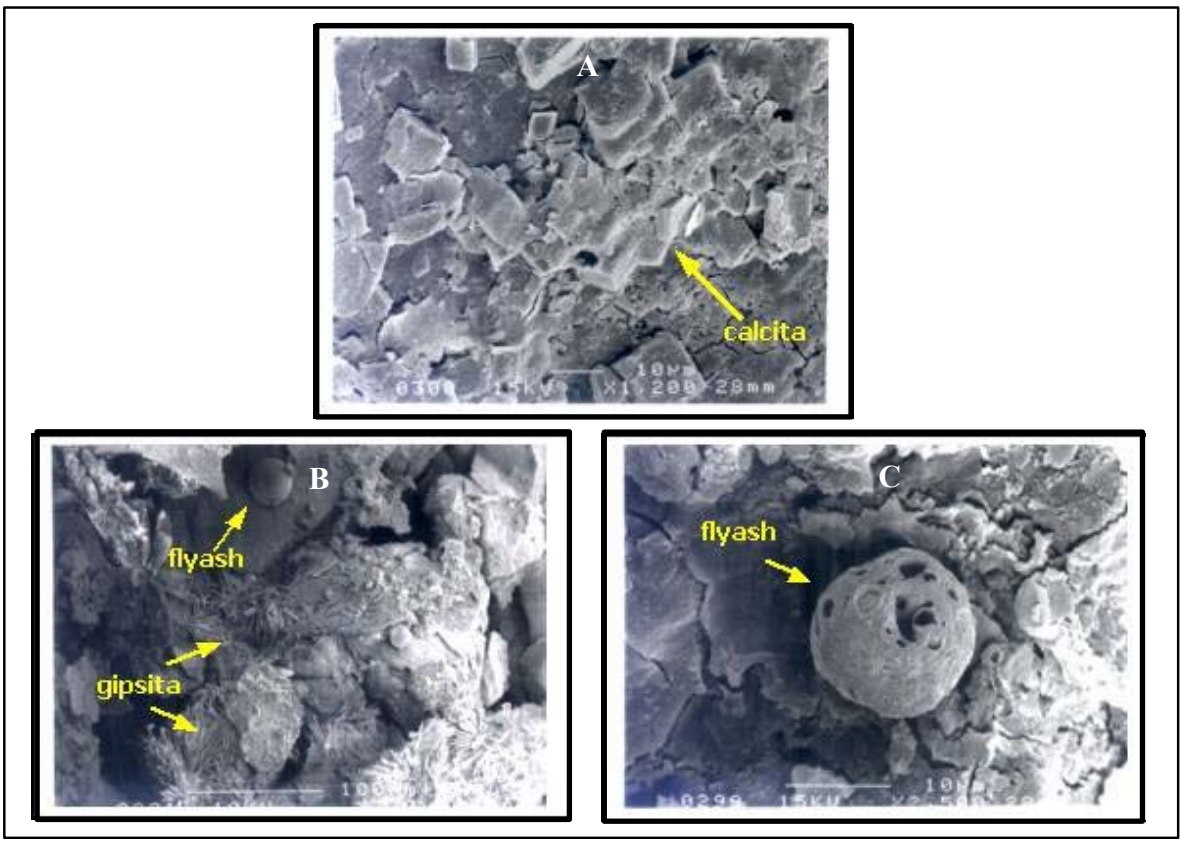

Figura 3 A, B e C - Fotos do MEV – (3 A) Exemplo de cristais de calcita nas áreas de flowstone. Escala: linha reta = 10 µm. (3 B) Exemplo de cristais de gipsita nas áreas de crosta negra em bloco de rocha de uma das paredes da Fortaleza de Santa Cruz. Escala: linha reta = 100 µm. (3 C) Cinza de combustível fóssil (flyash) encontrada em bloco de rocha de uma das paredes. Escala: linha reta = 10 µm. Fonte: Autores – Niterói / RJ, 2003.

Figura 4 – Vista aérea da Fortaleza de Santa Cruz – Niterói (RJ). Foto de Magno Mesquita (Nitvista).

Fortaleza de Santa Cruz.

Diversas feições relativas aos processos de intemperismo distribuem-se de maneira diferenciada na Fortaleza de Santa Cruz (figura 4) em decorrência das diferenças entre os pavimentos. Tais feições apresentam níveis distintos quanto a quantidade, intensidade e extensão.

Pavimento superior da Fortaleza de Santa Cruz - é o pavimento mais exposto a radiação solar devido a ausência de cobertura (teto) e paredes altas; é caracterizado por intensa circulação de ar, lavagem pela água da chuva, evaporação; destes pavimentos é o menos úmido. Comparado aos demais, este pavimento apresenta-se em bom estado de conservação. Nos blocos de rochas que formam os muros foram identificadas as seguintes feições de intemperismo: crostas negras, “flowstones” pouco desenvolvidos e crostas orgânicas (liquens) (figura 5 A).

Pavimento intermediário – parcialmente coberto e formado por pavilhões interligados e ladeados por paredes e passagens entre os pavilhões. Em comparação com o pavimento superior, este é menos exposto a radiação solar, ao vento e a chuva, o que cria um ambiente favorável à ação do sal que entra sob a forma de “spray’ marinho através das janelas, ocorrendo o mesmo, com poluentes atmosféricos. Em função disso o grau de intemperismo é mais intenso que no pavimento superior, devido a alteração da rocha e do cimento utilizado na junção dos blocos. Foram encontradas distribuídas ao longo deste pavimento feições de intemperismo do tipo crosta orgânica, estalactites (figura 5 B), eflorescências de sal formada por halita (NaCl), “flowstone” (figura 5 C e D) e crostas negras. As paredes mais próximas da face exterior da Fortaleza são mais úmidas do que as localizadas próximas da face interior, desta forma, crostas negras e crescimento orgânico são mais expressivos na parte mais úmida destas paredes. As eflorescências salinas são mais expressivas nas paredes menos úmidas, favorecidas pela evaporação mais intensa. Nos corredores, observou-se presença mais expressiva de “flowstones”.

Pavimento inferior – é o pavimento mais úmido e o que possui menor circulação de ar. O fato de ser o mais próximo do nível do mar faz deste pavimento o mais susceptível ao intemperismo do sal devido à entrada intensa de sal marinho, tanto, em função do “spray”, quanto do alcance das ondas de ressaca. As feições de intemperismo identificadas neste pavimento apresentam-se em maior número que nos demais pavimentos, bem como em níveis de intensidade mais expressivos. O padrão de distribuição das feições de intemperismo em função da distribuição de umidade, evaporação e circulação de ar em um mesmo pavimento (paredes e corredor) é semelhante ao do pavimento intermediário. As feições encontradas são: crostas negras, eflorescências de sal – halita, “flowstones”, estalactites e crostas orgânicas. 1 - Crostas negras, bem mais desenvolvidas do que nos demais pavimentos (figura 6 A e B) . 2 – Eflorescência de sal (figura 6 C e D). 3 - Os “flowstones” de carbonato de cálcio são mais expressivos e aparecem em diversos pontos recobrindo blocos de rochas e até paredes inteiras (figura 6 E). As estalactites também aparecem em maior quantidade. Neste pavimento, foi encontrada também, estalagmite em fase inicial de formação. Fragmentos de rocha de diversos tamanhos oriundas do teto e paredes, recobrem parcialmente o chão deste pavimento, evidenciando processos de degradação intensos causando o esfarelamento da rocha. Em decorrência, tais blocos começam a apresentar buracos (de alguns centímetros) danificando a estética da Fortaleza.

Constatou-se então, o aumento gradativo do nível de desgaste dos blocos do pavimento superior para o inferior. Neste último, vários blocos apresentam-se recuados devido a perda de material. Observou-se a relação direta, durante o mapeamento, entre desgaste e a composição da rocha. Em locais onde a concentração de minerais máficos, como a biotita, apresentou-se mais alta, o desgaste do bloco também é maior (figura 6 F).

Figura 5 A, B, C e D – (5A) Pavimento superior : desenvolvimento de crosta orgânica formada por liquens. (5B) Pavimento intermediário da Fortaleza de Santa Cruz, observando-se estalactites e "flowstones". (5C e D) Pavimento inferior da Fortaleza de Santa Cruz, apresentando forte cobertura das paredes com "flowstones". Fonte: Autores – Niterói / RJ, 2003 .

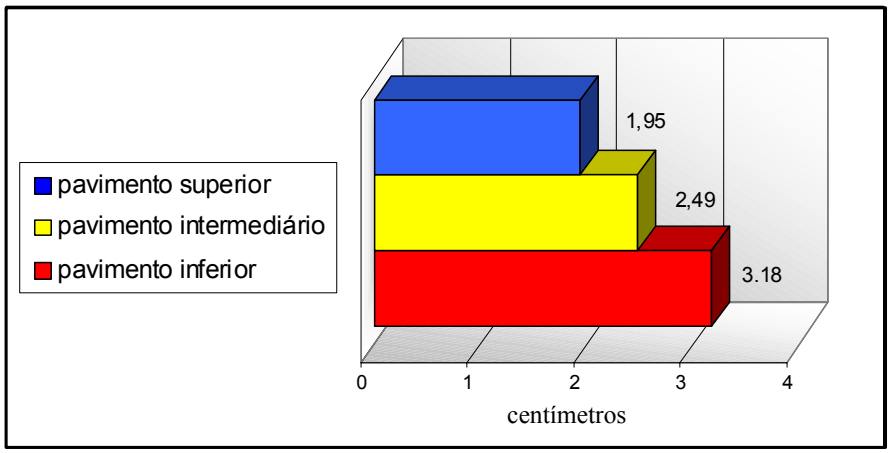

Gráfico 1 – Valores (em centímetros) relativos as medições efetuadas nas partes "recuadas" nos blocos de rocha de cada um dos três pavimentos da Fortaleza de Santa Cruz.

Foram realizadas 100 medições em cada um dos pavimentos para quantificar o recuo ou esburacamento dos mesmos resultantes do intemperismo. Os valores médios resultantes das medições nos pavimentos são (gráfico 1): pavimento superior 1,95 cm; intermediário

2,49 cm e; inferior 3,18 cm. Os valores mínimo e máximo medidos são, respectivamente, 0,9 cm (pavimento superior) e 16,6 cm (intermediário).

WARKE et al. (no prelo) encontraram resultados semelhantes nos faróis de Eeragh e Eagle (Irlanda do Norte) no que diz respeito aos processos de intemperismo e sua distribuição. A degradação desses faróis acelerou-se a partir da automatização dos mesmos (Eeragh – 1978 e Eagle – 1988), quando as obras realizadas para tal fim causaram a diminuição de ar dentro dos faróis e conseqüentemente o aumento no teor de umidade rica em sal. As mudanças micro-ambientais causadas, sobretudo no tocante a temperatura e umidade, foram apontadas como as causas responsáveis pela intensificação da degradação nos blocos de rochas destas construções.

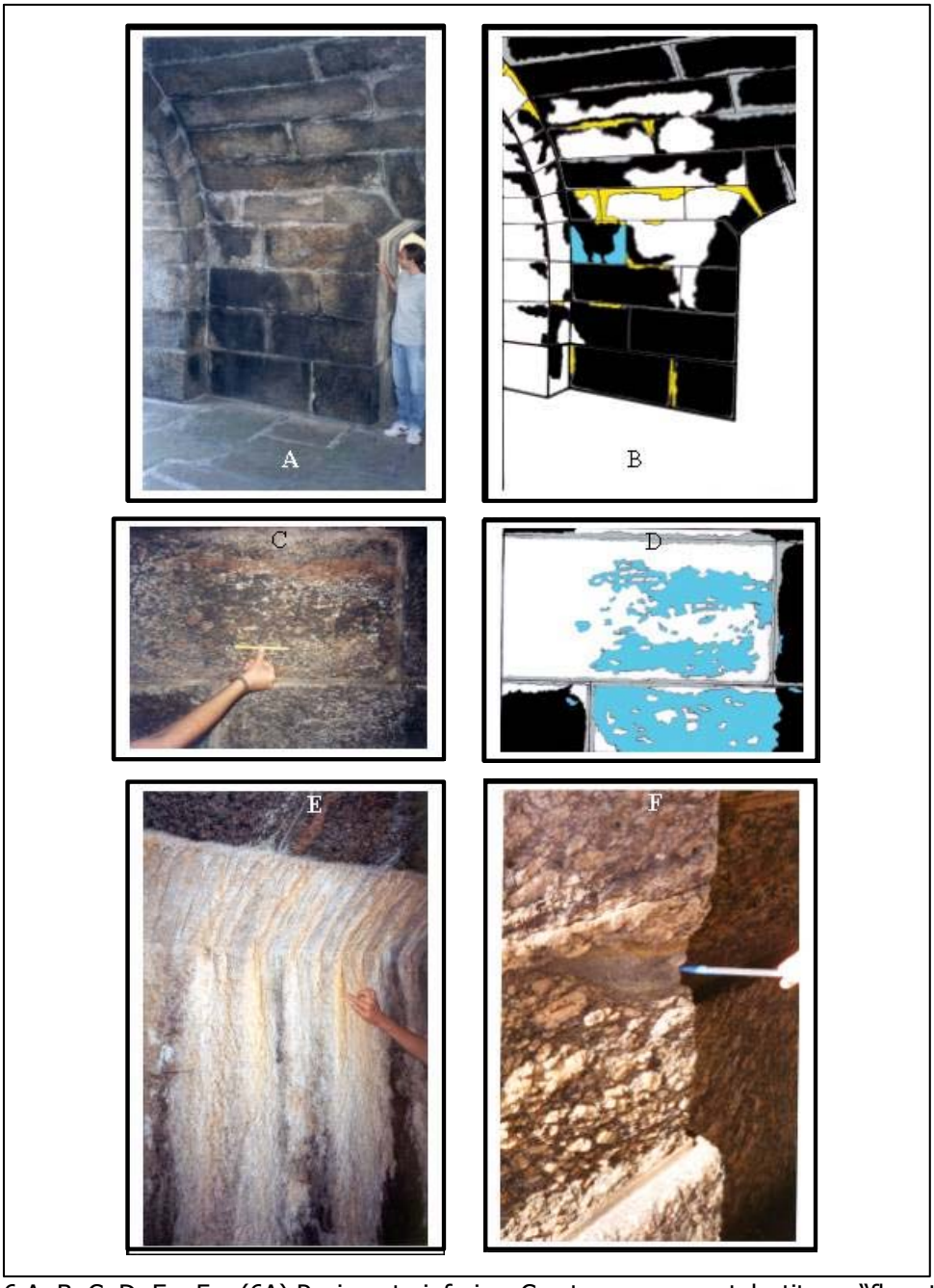

Figura 6 A, B, C, D, E e F – (6A) Pavimento inferior: Crostas negras, estalactites e "flowstones", feições bem expressivas deste pavimento. (6B) Mapeamento detalhado da figura 5A. (6 C) Crostas negras e eflorescência de sal (halita) nas paredes do pavimento inferior; (6D) Mapeamento detalhado das feições de intemperismo da figura 6C. (6E) "Flowstones" no pavimento inferior da Fortaleza. (6F) Buraco e recuo de bloco de rocha no pavimento inferior. Observar zona rica em biotita na rocha onde a desagregação e recuo do bloco são marcantes. Niterói / RJ, 2003.

Fortes do Pico e São Luiz

O Forte do Pico é formado por um pavimento extenso e em formato retangular, subdividido em pavilhões ladeados por paredes e tetos. Existem também pavimentos (quatro) desprovidos de teto, localizados na parte central do Forte onde estão abrigados os canhões. No lado da estrutura principal, voltado para a Baía de Guanabara existe um extenso corredor com paredes formadas por blocos de rocha em ambos os lados (figura 7 A).

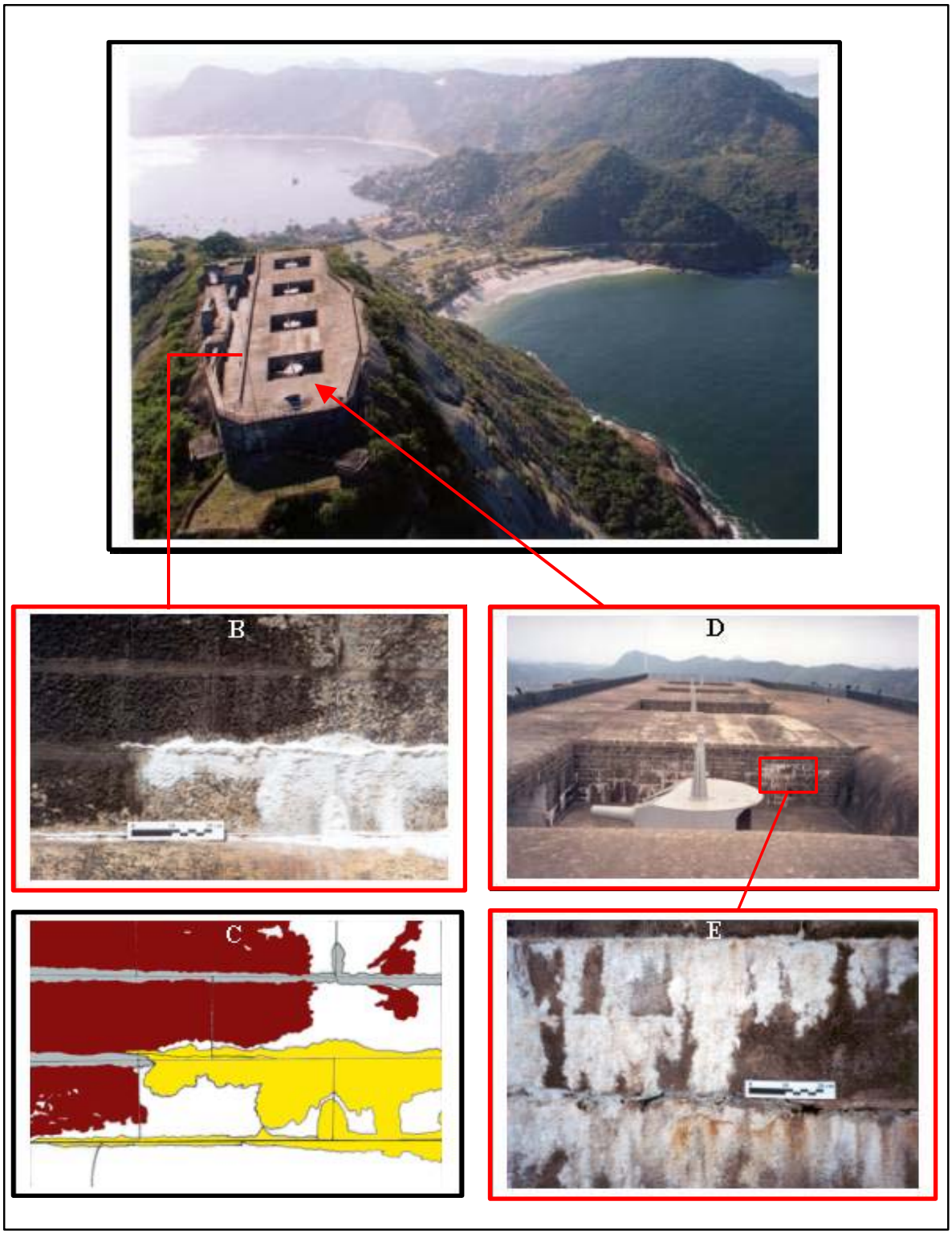

Figura 7 A, B, C, D, E e F – (6A) Vista aérea do Forte do Pico – Niterói (RJ). (7B) Ocorrência de crosta negra e "flowstone" na parede de rocha do Forte do Pico, (7C) mapeamento detalhado das formas de intemperismo referente a figura 7B. (7D e E) Exemplo de ocorrência de "Flowstone" no forte do Pico. Observar a relação entre o cimento e o "flowstone". Niterói / RJ, 2003.

As principais feições de intemperismo encontradas neste Forte foram as crostas negras, “flowstones” e estalactites. 1 - As crostas negras apresentam-se bastante expressivas e bem distribuídas, principalmente, ao longo das paredes que integram o corredor lateral à estrutura principal (lado voltado para a Baía de Guanabara) (figura 7 B e C). Porém, não se comparam, no que diz respeito ao grau de intensidade, às encontradas no terceiro pavimento da Fortaleza de Santa Cruz. 2 – Os “flowstones” são numerosos e presentes em praticamente todas as paredes de rocha, internas e externas, que integram a estrutura do Forte (figura 7 D e E). A intensidade destas feições pode ser considerada de moderada a alta, porém, quanto a extensão, as mesmas não se comparam aos “flowstones” encontrados na Fortaleza de Santa Cruz (pavimento inferior). 3 – Estalactites foram encontrados em pontos específicos, sobretudo, em locais onde a solução contendo carbonato de cálcio dissolvido possa gotejar e / ou evaporar, proporcionando a precipitação do carbonato de cálcio.

Foi constatado, no Forte do Pico, que medidas de intervenção no sentido de “reparar” os danos decorrentes da degradação vem sendo executadas através do preenchimento dos buracos com argamassa, que contém cimento, assim como, a substituição de blocos de rocha por blocos de tijolos, também com cimento. Esta medida de intervenção também foi constatada na Fortaleza de Santa Cruz, porém, em menor escala. O emprego de argamassa como medida capaz de minimizar o impacto causado pelo intemperismo, ou até mesmo, a sua utilização em “benefício” da estética da estrutura afetada, pode ser considerada uma medida inadequada. De acordo com DUFFY et al. (1993), as argamassas, ricas em cálcio, são susceptíveis a processos de dissolução, principalmente, durante eventos chuvosos, em função da presença do ácido carbônico na chuva. Cabe ressaltar, que uma das características climáticas da área de estudo é o elevado índice pluviométrico anual. JONES et al. (1990) apud CASTANHEIRA (2002), afirmam que a reação do cálcio ocorre também, ao interagir com poluentes atmosféricos formando sais, como a gipsita, por exemplo. As crostas negras, cabe lembrar, são repositórios de sais que, em caso de alterações causadas por uma medida inadequada, como lavagem, por exemplo, poderiam ser mobilizados para o interior das rochas (SMITH, 2003). O autor anteriormente mencionado ressalta também o fato de que existem divergências a respeito da medida de limpeza referente a remoção da crosta pois, acredita-se que tal processo, em determinados casos, pode causar a abrasão das rochas. Entretanto, não foi detectado nas construções estudadas nenhuma medida de intervenção no sentido de se remover crostas negras.

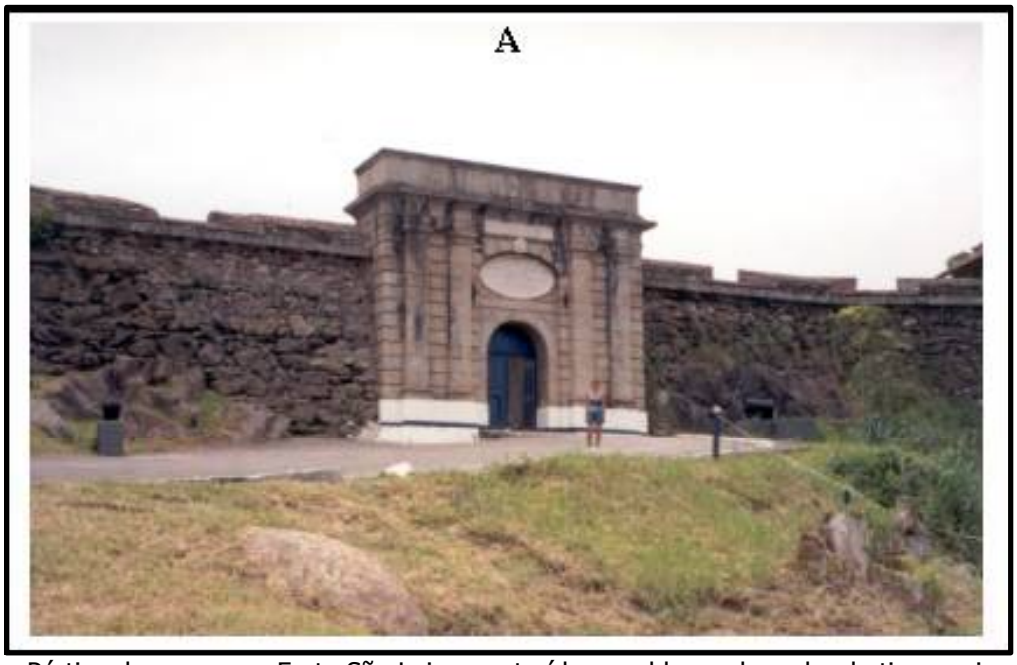

Figura 8 - Pórtico de acesso ao Forte São Luiz, construído com blocos de rocha do tipo gnaisse, exceto nas: partes branca arredondada e retangular no centro composta de mármore, assim como, as portas que são de madeira. Niterói / RJ - 2002.

Do Forte São Luiz restaram apenas paredes em ruínas, desprovidas de teto, um imponente pórtico de entrada no acesso principal que liga este forte ao Forte Barão do Rio Branco, além, de um outro pórtico voltado para o acesso à Fortaleza de Santa Cruz. Ambos os pórticos estão projetados em meio a uma imensa muralha formada por blocos de rocha de tamanhos e formas diferentes. Os trabalhos realizados neste Forte foram concentrados, principalmente, no pórtico de entrada voltado para o acesso ao Forte Barão do Rio Branco (figuras 2 B e 8).

Este pórtico (do acesso principal), pode ser descrito como uma imponente estrutura (figura 8) formada por blocos de rocha do tipo gnaisse facoidal expostos diretamente a exposição solar, ventos, evaporação e lavagem pela água da chuva. Está posicionado de maneira a projetar-se de frente para a Baía de Guanabara.

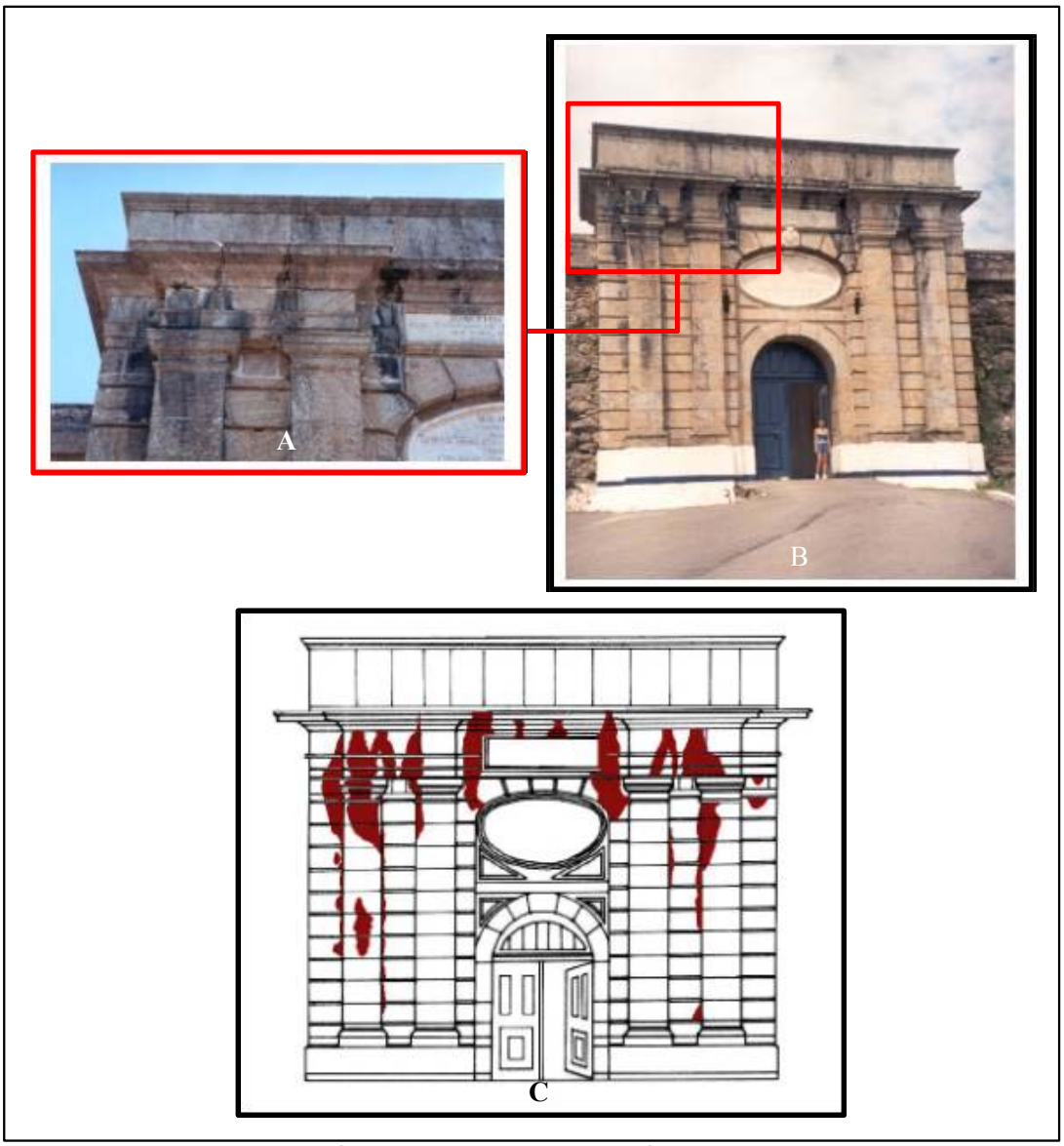

Figura 9 A, B e C – (9B e C) Ocorrência de crosta negra no pórtico de entrada do Forte São Luiz. (7 D) Mapeamento detalhado da distribuição e extensão de crosta negra no pórtico de entrada do Forte São Luiz. Niterói / RJ - 2002.

Um mapeamento detalhado das formas de intemperismo realizado neste pórtico permitiu a identificação das seguintes feições de intemperismo: crostas negras, crostas orgânicas (liquens) e estalactites. As crostas negras encontradas são expressivas no tocante a quantidade, porém, apresentam-se com intensidade baixa ou moderada. São mais desenvolvidas nos blocos de rocha localizados junto ou abaixo do beiral, que são áreas mais protegidas da lavagem pela água da chuva (figuras 9 A, B e C). Ao nível de

comparação, as crostas negras encontradas no pórtico não são tão expressivas quanto as existentes no terceiro pavimento da Fortaleza de Santa Cruz, por exemplo. O crescimento de liquens é mais intenso no lado do pórtico voltado para o interior do Forte. Foram observadas ainda, grandes quantidades de liquens nas rochas que integram a parte superior do pórtico.

RESULTADOS

As rochas ornamentais em ambientes costeiros urbanos são submetidas a condições severas de intemperismo devido a exposição da rocha a ação do sal marinho bem como aos poluentes da atmosfera.

Na Fortaleza de Santa Cruz foi constatada nos três pavimentos níveis diferenciados de degradação e de feições de intemperismo. O pavimento superior apresenta blocos de rocha em melhores condições, provavelmente, devido ao papel importante desempenhado pela água da chuva que "lava" os blocos de rocha deste pavimento, removendo parcialmente sais e poluentes atmosféricos e, o fato de ser o mais arejado dos três pavimentos. O pavimento intermediário e inferior são locais mais úmidos e de menor circulação de ar, conseqüentemente, mais favoráveis à atuação das variáveis que condicionam a degradação dos blocos de rocha. Feições de intemperismo mais expressivas nestes pavimentos, sobretudo no inferior, refletem uma atuação mais intensa de sais marinhos e poluentes atmosféricos. Neste caso, o nível de degradação é bem mais expressivo e se encontram buracos nos blocos de rocha que acabam por causar o recuo dos mesmos, resultando também no acúmulo de detritos no chão junto as paredes. "Flowstones" e crostas negras chegam a recobrir grande parte das paredes internas, prejudicando a estética da Fortaleza. As medições realizadas indicam um aumento na profundidade dos buracos e recuos dos blocos de rocha no pavimento inferior: 1,95 centímetros (pavimento superior), 2,49 cm (intermediário) e 3,18 cm (inferior). O grau de alteração da rocha aumenta substancialmente nas áreas de concentração de biotita.

A ocorrência de crostas negras e "flowstones" no forte do Pico e, crostas negras no São Luiz, apontam para os efeitos da poluição atmosférica em altitudes superiores a 200 metros. A ausência de eflorescências salinas nos blocos de rocha utilizados nos fortes do Pico e São Luiz mostra que a atuação do sal marinho limita-se a região mais próximo ao nível do mar (fortaleza de Santa Cruz).

Medidas de conservação das estruturas podem acelerar a degradação, tal como foi constatado por WARKE et al. (no prelo) nos faróis estudados na Irlanda. Nas construções estudadas em Niterói, o emprego de argamassa contendo cimento, rico em cálcio, contribui para o maior desenvolvimento de "flowstones" e estalactites, o que faz desta uma medida inadequada. Projetos específicos de limpeza e manutenção devem ser elaborados para que se possa adequar as medidas de conservação.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA NETO, J. A. O Efeito da poluição no processo de Intemperismo de Rochas Ornamentais em fachadas de Prédios Históricos na cidade do Rio de Janeiro. V Simpósio de Geologia do Sudeste. 1997, pp. 285 – 287.

CASTANHEIRA, F. S. Fatores Controladores do Intemperismo de Rochas Ornamentais em um Ambiente Urbano Poluído: Rio de Janeiro. UERJ, 2002, pp.38.

DUFFY, A. P., COOPER, T. P. & PERRY, S. H. Repointing for conservation of historic stone building in Trinity College Dublin. Material and Strutures, RILEM, Paris, 26, pp. 302-306. 1993.

FITZNER, B., HEINRICHS K. und KOWNATZKI R. Verwitterungsformen – Klassifizierung und Kartierung. Geologisches Institut der Rwth Aachen, Berlin, 1995, pp. 41-88.

HALSEY, D. P., DEWIS, S. J., MICTCHELL, D. J. & HARRIS, F. C. The Black Soiling of Sandstone Buildings in the West Midlands, England: Regional Vatiations and Decay Mechanisms. In: Processes of Urban Stone Decay. Donnhead Publishing Ltd, 1996, pp. 53 - 65.

MC ALISTER, J. J. Analytical Techniques for the Examination of Building Stone, In: SMITH, B. J. & WARKE, P. A. Processes of Urban Stone Decay. Donnhead Publishing Ltd, 1996, pp. 171 - 193.

NEILL, H. L. & SMITH. B. J. Background controls on stone decay in polluted environments: preliminary observations from Rio de Janeiro, In: SMITH, B. J. & WARKE, P. A. Processes of Urban Stone Decay. Donnhead Publishing Ltd, 1996, pp. 113 - 126.

SMITH, B. J. & MAGEE, R. W., 1990. Granite weathering in a urban environment: an example from Rio de Janeiro. Singapore Journal of Tropical Geography, 2: 143 – 153.

SMITH, B. J. Scale Problems in the Interpretation of Urban Stone Decay, In: Processes of Urban Stone Decay. Donnhead Publishing Ltd, 1996, pp. 3 - 18.

SMITH, B. J. & WARKE, P. A. (editores), 1996. Processes of Urban Stone Decay. Donnhead Publishing Ltd., pp. 274.

WARKE, P. A. & SMITH, B. J. Accelerated granite deterioration in offshore lighthouse. Manuscrito no prelo, pp. 33.

WARKE, P. A. Inheritance Effects in Building Stone Decay. In: SMITH, B. J. & WARKE, P. A. Processes of Urban Stone Decay. Donnhead Publishing Ltd, 1996, pp. 32 - 43.

WWW.cdbrasil.cnpm.embrapa.br

WWW.feema.rj.gov.br